



**FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING
AND INFORMATION SCIENCE**



**INFORMATION TECHNOLOGY AND
ELECTRICAL ENGINEERING -
DEVICES AND SYSTEMS,
MATERIALS AND TECHNOLOGIES
FOR THE FUTURE**

Startseite / Index:

<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=12391>

Impressum

Herausgeber: Der Rektor der Technischen Universität Ilmenau
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. Peter Scharff

Redaktion: Referat Marketing und Studentische
Angelegenheiten
Andrea Schneider

Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik
Susanne Jakob
Dipl.-Ing. Helge Drumm

Redaktionsschluss: 07. Juli 2006

Technische Realisierung (CD-Rom-Ausgabe):
Institut für Medientechnik an der TU Ilmenau
Dipl.-Ing. Christian Weigel
Dipl.-Ing. Marco Albrecht
Dipl.-Ing. Helge Drumm

Technische Realisierung (Online-Ausgabe):
Universitätsbibliothek Ilmenau
[ilmedia](#)
Postfach 10 05 65
98684 Ilmenau

Verlag:  Verlag ISLE, Betriebsstätte des ISLE e.V.
Werner-von-Siemens-Str. 16
98693 Ilmenau

© Technische Universität Ilmenau (Thür.) 2006

Diese Publikationen und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Mit Ausnahme der gesetzlich zugelassenen Fälle ist eine Verwertung ohne Einwilligung der Redaktion strafbar.

ISBN (Druckausgabe): 3-938843-15-2
ISBN (CD-Rom-Ausgabe): 3-938843-16-0

Startseite / Index:
<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=12391>

L. Alhour, J. Müller, S. Rentsch, R. Stephan, and M. Hein
Technische Universität Ilmenau
Tel. +49 3677 69 1580; luay.alhour@tu-ilmenau.de

45 GHz Patch-Antennen in LTCC-Technologie für breitbandige Datenübertragungssysteme

I. Kurzreferat

In diesem Beitrag werden rechteckförmige Patch-Antennen mit unsymmetrischer und symmetrischer Speisung für Übertragungssysteme im Millimeterwellenbereich beschrieben. Die Antennen wurden für eine Frequenz von 45 GHz entworfen und in LTCC-Technologie auf einem keramischen Trägermaterial mit hoher Dielektrizitätszahl von 7,4 aufgebaut. Zur Charakterisierung der symmetrisch gespeisten Strukturen mit einem koplanaren Waferprober wurde ein breitbandiger Symmetrierer vorgesehen, der einen koplanaren Wellenleiter (CPW) in eine koplanare Streifenleitung überführt. Zur Charakterisierung der unsymmetrisch gespeisten Strukturen wurde dagegen ein Übergang von CPW auf Mikrostreifenleitung verwendet. Die unsymmetrisch gespeiste Patch-Antenne wurde hergestellt und in ihrer Anpassung gemessen. Die symmetrisch gespeiste Patch-Antenne wurde simuliert; die messtechnische Charakterisierung ist in Vorbereitung.

II. Einleitung

Die maximale Datenrate, die mittels drahtloser Übertragungssysteme (WLAN) übertragen werden kann, beträgt 108 Mbit/s. Für höhere Datenraten ist man derzeit auf drahtgebundene Verfahren angewiesen. Zukünftige drahtlose Systeme für eine schnelle Datenübertragung im Bereich von Gbit/s können die erforderliche Hochfrequenz (HF)-Bandbreite nur bei hohen Arbeitsfrequenzen bereitstellen. Die Halbleitertechnik stellt für solche Breitband-Systeme geeignete integrierte Schaltkreise (*integrated circuit* - IC) mit Arbeitsfrequenzen bis 71 GHz bereit [1]. Erste drahtlose Übertragungssysteme befinden sich daher kurz vor einer Markteinführung.

Unser Beitrag beschäftigt sich mit dem HF-Design und der Aufbautechnik der für eine drahtlose Übertragungsstrecke für hohe Datenraten benötigten planaren Sende- und Empfangsantennen. Die Leistungsmerkmale verschiedener Antennenformen, die die HF-technischen Anforderungen mit den technologischen Möglichkeiten der Niedertemperatur-Sinterkeramik (*low temperature cofired ceramic* - LTCC) [2] kombinieren, wurden numerisch simuliert und experimentell bewertet. Die LTCC-Technologie ermöglicht eine kostengünstige Herstellung präzise geformter HF-Strukturen mit geringen Leistungsverlusten. Zur Verringerung des Aufwandes bei der Messung der Streuparameter und der später vorgesehenen Aufnahme von Richtdiagrammen wur-

de ein Frequenzbereich zwischen 40 und 50 GHz gewählt; die für Anwendungen angepeilte Zielfrequenz liegt im ISM-Band bei 60 GHz.

Patch-Antennen in Mikrostreifenleitungstechnik (*microstrip* - MS) bieten zahlreiche Vorzüge wie einen kleinen Querschnitt bei planarer Geometrie, geringes Gewicht und Volumen, einen relativ hohen Antennengewinn, eine senkrecht zur Patch-Fläche gerichtete Abstrahlung, sowie den relativ einfachen Aufbau von Antennengruppen [3,4].

III. Unsymmetrisch gespeiste Patch-Antennen

Zunächst wurde die aus der Literatur bekannte klassische Geometrie einer Rechteck-Patchantenne auf eine Frequenz von 45 GHz und einen Aufbau in LTCC-Technologie angepasst. Im Hinblick auf einen möglichst hohen Wirkungsgrad wurde das speziell für HF-Anwendungen geeignete Substrat DuPont 943 mit niedrigen dielektrischen Verlusten ($\tan\delta @ 40\text{GHz}=0,002$) verwendet [5].

Die Patchantenne wird von einer Mikrostreifenleitung gespeist. Da die Kontaktierung für die messtechnische Charakterisierung über koplanare Tastspitzen erfolgt, ist ein Übergang von einer Koplanarleitung (*coplanar waveguide* - CPW) auf *microstrip* notwendig. Das Substrat besteht aus vier Einzellagen, die zu einer Gesamtdicke von 432 μm führen. Durchkontaktierungen sorgen für eine Verbindung der Masseflächen beider Leitungstypen wie in Bild 1 illustriert.

Die Patchantenne wurde mit dem kommerziell verfügbaren Programm Ansoft HFSS 9.2 (Finite-Elemente-Methode) simuliert und optimiert. Die Geometrieparameter berücksichtigten die herstellungsbedingten Schrumpfungseigenschaften der Sinterkeramik. Die Antennenstruktur wurde am Fachgebiet Mikroperipherik und in der Nachwuchsforschergruppe Funktionalisierte Peripherik hergestellt und am Fachgebiet Hochfrequenz- und Mikrowellentechnik gemessen. Bild 2 zeigt eine gute Übereinstimmung zwischen Simulationsrechnungen und Messungen, entsprechend einer hohen Reflexionsanpassung von -28 dB bei 45,5 GHz; die 10-dB-Bandbreite betrug 2,3 GHz (absolut) bzw. 5% (relativ).

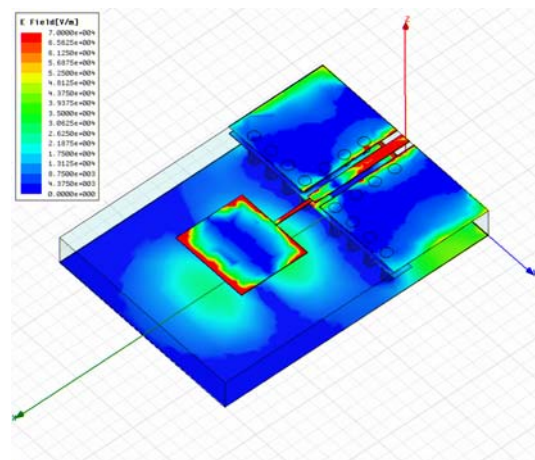


Bild 1: Geometrie und Intensitätsverteilung des elektrischen Feldes für eine unsymmetrisch gespeiste 45 GHz Patchantenne mit koplanarem Antastport und Durchkontaktierungen zur rückseitigen Massefläche

Der Antennengewinn betrug laut Simulation etwa 5 dBi, einem für Patch-Antennen typischen Wert. Der berechnete Antennenwirkungsgrad betrug 0,93.

Die Bilder 3 und 4 zeigen die zugehörige simulierte Richtcharakteristik als dreidimensionales Polardiagramm bzw. als Schnittdarstellung in der E-Ebene und H-Ebene. Die markanten Einzüge im Richtdiagramm sind u.a. auf den Einfluss der Speiseleitungen zurückzuführen.

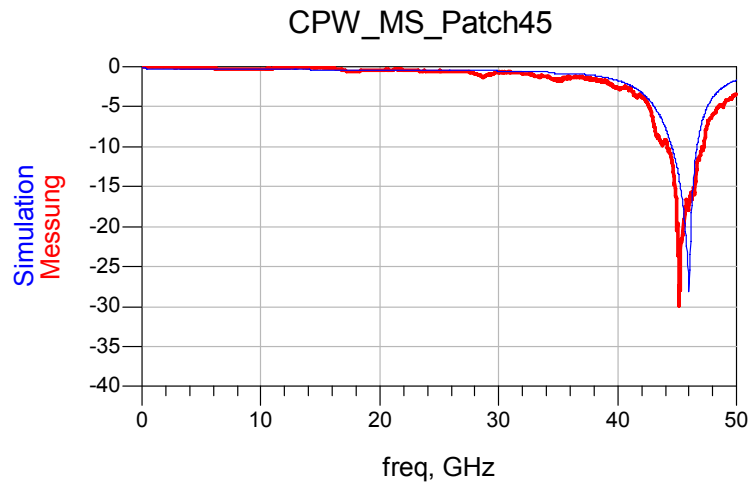


Bild 2: Reflektionsfaktor der unsymmetrisch gespeisten Patchantenne (blau: Simulation; rot: Messung).

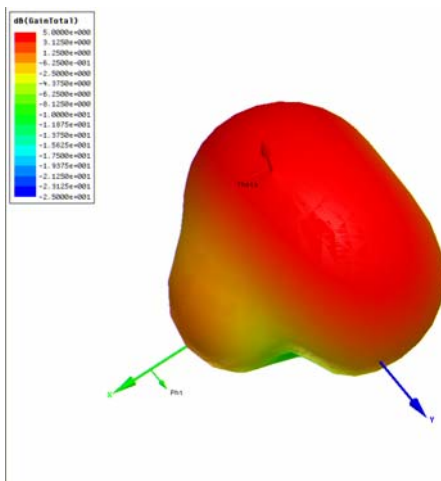


Bild 3: Simulierte Richtcharakteristik der Patchantenne nach Bild 1 (Polare Darstellung).

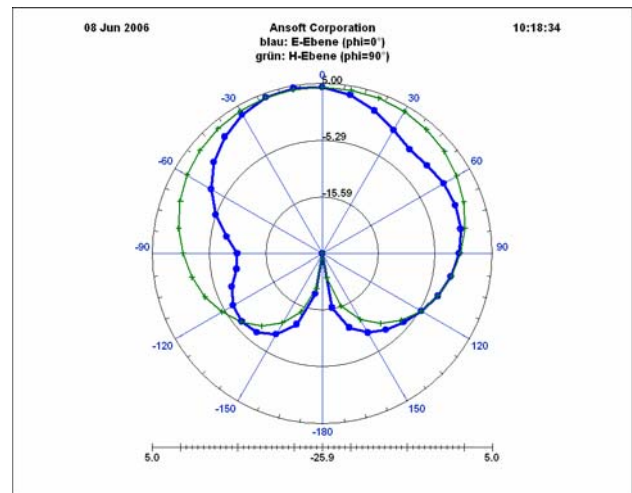


Bild 4: Richtcharakteristik für die unsymmetrische Patchantenne nach Bild 1 (Schnitte durch E-Ebene (blau) und H-Ebene (grün)).

IV. Symmetrisch gespeiste Patch-Antennen

Eine Patchantenne wird üblicherweise mit einer unsymmetrischen Leitung gespeist. Die Vorteile symmetrisch aufgebauter Verstärkerstufen (z.B. höhere Störsicherheit gegenüber Einstreuungen), die bei höheren Frequenzen immer wichtiger werden, haben eine zunehmende Verbreitung solcher Schaltungstypen zur Folge. Damit einher gehen allerdings auch erhöhte Anforderungen an die Aufbau- und Verbindungstechnologie. In diesem Zusammenhang wurde eine neuartige symmetrisch gespeiste Patchantenne entworfen, die auf die spezifischen Anwendungen hochratiger Datenübertragungssysteme zugeschnitten ist [6].

Da für die Netzwerkanalyse nur unsymmetrische Testports zur Verfügung stehen, muss die differenziell gespeiste Antenne nach wie vor mit erdunsymmetrisch aufgebauten Koplanarleitungen verbunden werden. Breitbandige Symmetrierglieder (Baluns) und Steckverbinder für symmetrische Leitungen stehen allerdings bis auf Weiteres nicht als handelsübliche Bauteile zur Verfügung. Daher ist zusätzlich zur Patchantenne auch der Entwurf von Baluns, die einen integrierten Bestandteil der gesamten Antennenschaltung bilden, für den Komponententest notwendig.

Bild 5 zeigt die symmetrisch gespeiste Patchantenne. Das koplanare Antasttor wurde mittels eines Baluns in eine symmetrisch betriebene koplanare Streifenleitung (*coplanar stripline* – CPS) transformiert. Zur Erhöhung der Bandbreite des Baluns wurde ein breitbandiger Leitungstransformator (*radial stub*) verwendet [7], um den nicht weitergeführten Schlitz der speisenden Koplanarleitung definiert abzuschließen.

Wie aus Bild 6 hervorgeht, konnte in den Simulationsrechnungen eine Reflexionsanpassung von -21,5 dB bei 45 GHz erreicht werden; die 10-dB-Bandbreite betrug etwa 2,3 GHz. Für Antennengewinn und -wirkungsgrad ergaben sich ebenfalls sehr ähnliche Werte wie für die unsymmetrische Variante. Die Bilder 7 und 8

zeigen in Analogie zu den Bildern 3 und 4 die Richtcharakteristik der differenziell gespeisten Patchantenne.

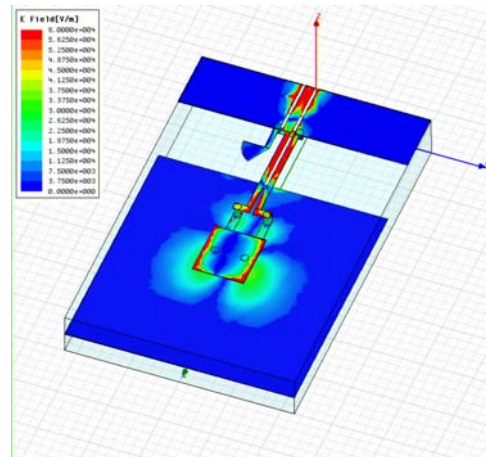


Bild 5: Geometrie und elektrische Feldverteilung auf der symmetrisch gespeisten Patchantenne mit Balun

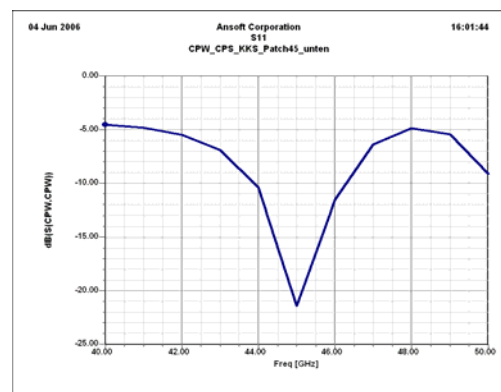


Bild 6: Simulierter Reflexionsfaktor symmetrisch gespeisten Patchantenne.

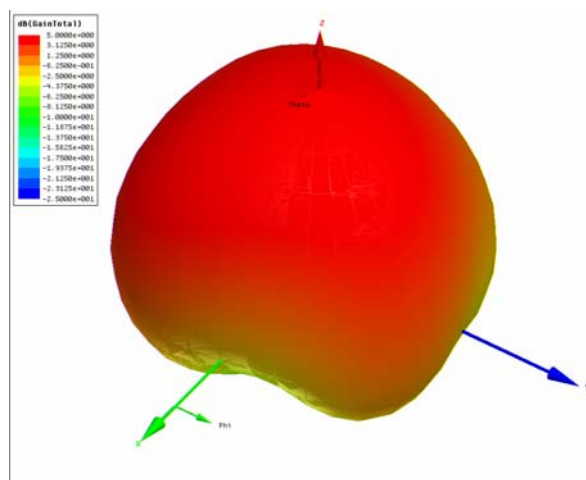


Bild 7: Richtcharakteristik für die symmetrische Patchantenne nach Bild 5 (Polardiagramm).

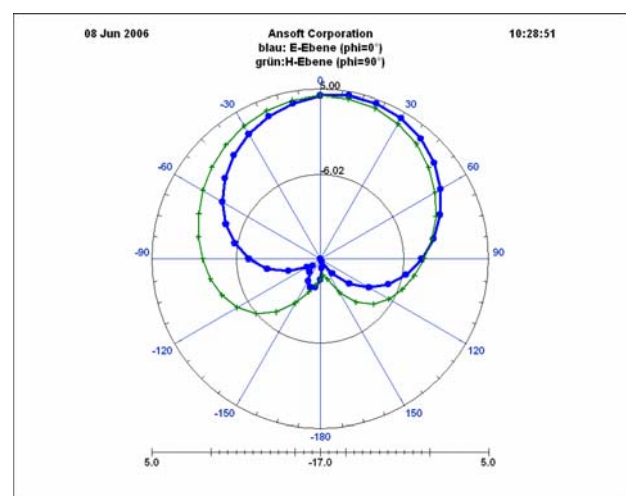


Bild 8: Richtcharakteristik für die symmetrische Patchantenne nach Bild 5 (Schnitte durch E-Ebene (blau) und H-Ebene (grün)).

V. Zusammenfassung

Im Zusammenhang mit der Entwicklung breitbandiger HF-Systeme für drahtlose Übertragungssysteme mit Datenraten im Gbit/s-Bereich wurden Patch-Antennen auf LTCC-Substrat für eine Arbeitsfrequenz von 45 GHz mit unsymmetrischer Speisung sowie mit symmetrischer Speisung inklusive Balun entworfen und charakterisiert. Beide Varianten erreichten bei der Sollfrequenz eine Reflexionsanpassung von > 20 dB, eine relative 10-dB-Bandbreite von 5% und einen Gewinn von etwa 5 dBi. Damit wurden die Voraussetzungen für den Entwurf einer Gruppenantenne mit einem für die Anwendungen benötigten Gewinn von etwa 10 dBi sowie für die Hybridintegration geeigneter Transceivermodule auf einem LTCC-Träger geschaffen.

Danksagung

Wir danken K. Blau und J. Trabert (TU Ilmenau) für fruchtbare Diskussionen und Unterstützung bei der experimentellen Charakterisierung der Antennen. Unser Dank gilt außerdem F. Herzel (IHP Microelectronics, Frankfurt/Oder) für wertvollen technischen Input in Bezug auf den Transceiver-Chip und das Leistungsbudget des Übertragungssystems.

Literatur

- [1] Y. Sun, J. Borngräber, F. Herzel, W. Winkler: "A fully Integrated 60 GHz LNA in SiGe:C BiCMOS Technology", Proc. of the IEEE Bipolar / BiCMOS Circuits and Technology Meeting (BCTM2005), Santa Barbara, USA, Oct. 2005, pp. 14-17.
- [2] Johann Heyen: „Hochintegrierte Schaltungen für Millimeterwellen-Multichipmodule“, Dissertation TU Braunschweig, Shaker Verlag Aachen, 2004.
- [3] Ramesh Garg, Prakash Bhartia, Inder Bahl, Apisak Ittipiboon: „Microstrip Antenna Design Handbook“, ARTECH HOUSE, INC., 2001
- [4] R. B. Waterhouse "Microstrip Patch Antennas: A Designer's Guide", Kluwer Academic Publishers, 2003.
- [5] Datenblatt von DuPont „943 LOW LOSS GREEN TAPE™“, http://www2.dupont.com/MCM/en_US/PDF/datasheets/943.pdf
- [6] Yaoming Sun, Frank Herzel, Li Wang, Johannes Borngräber, Wolfgang Winkler, Rolf Kraemer: „An Integrated 60 GHz Receiver Front-End in SiGe:C BiCMOS“, Proc. of the 6th Topical Meeting on Silicon Monolithic Integrated Circuits in RF Systems (SiRFIC 2006), San Diego, USA, Jan. 2006.
- [7] Raine N. Simons "COPLANAR WAVEGUIDE CIRCUITS, COMPONENTS, AND SYSTEMS", John Wiley & Sons, 2001.

Autoren

Luay Alhourri, R. Stephan, M. Hein (Fachgebiet für HF- und Mikrowellentechnik);
S. Rentsch, J. Müller (MacroNano® Nachwuchsforschergruppe „Funktionalisierte Peripherik“)
Technische Universität Ilmenau, Postfach 100565, 98684 Ilmenau
Tel.: 03677 69 1580 Fax: 03677 69 1585